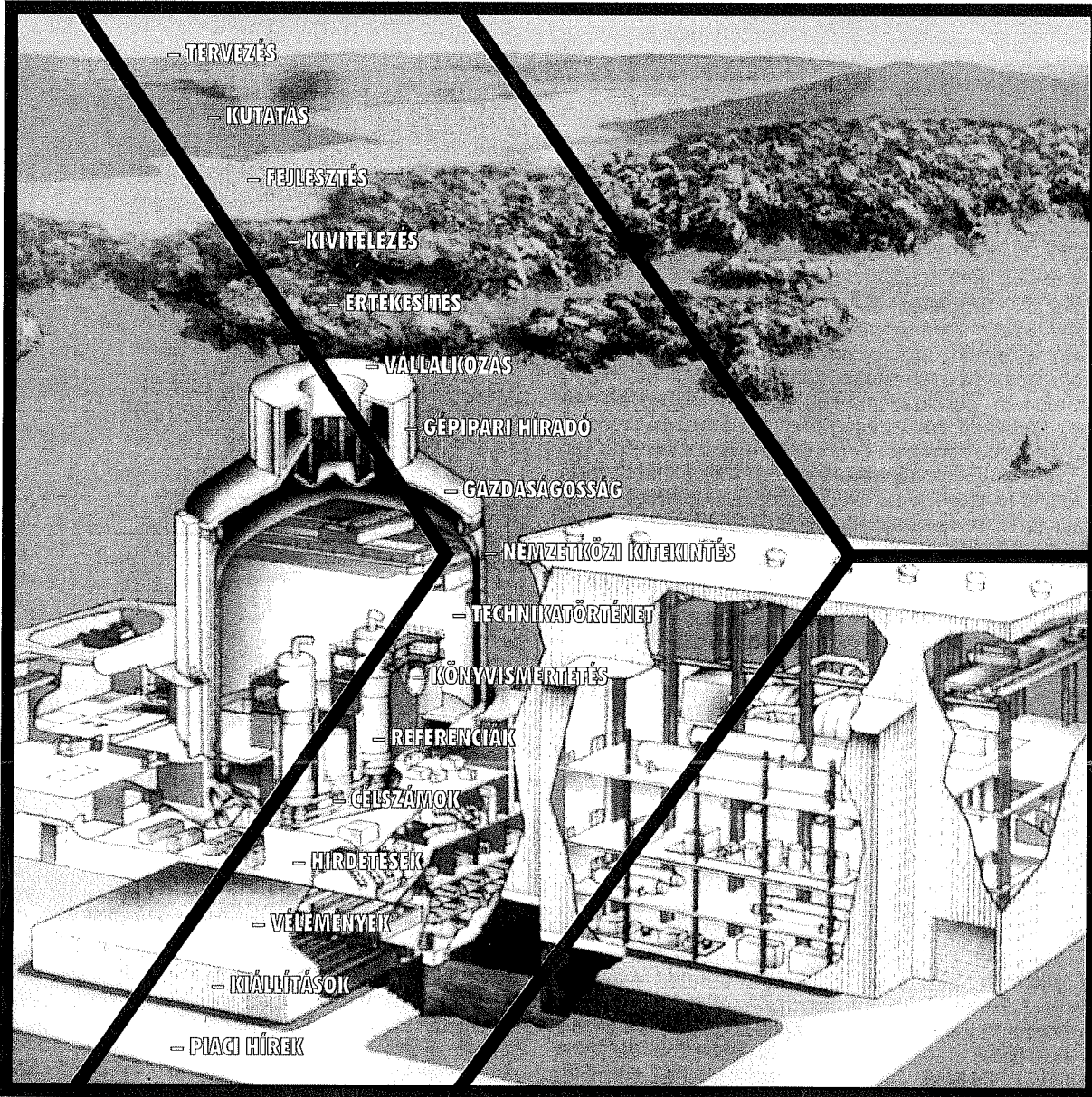


213

GÉP

KÖZPONTI
KÖNYVTÁR
1051 Budapest
Művelődési központ

A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET MŰSZAKI FOLYÓIRATA



- TERVEZÉS
- KUTATÁS
- FEJLESZTÉS
- KIVITELEZÉS
- ERTEKESÍTÉS
- VÁLLALKOZÁS
- GÉPIPARI HÍRADO
- GAZDASÁGOSSÁG
- NEMZETKÖZI KITEKINTÉS
- TECHNIKATÖRTÉNET
- KÖNYVISMERTETÉS
- REFERENCIAK
- CÉLSZÁMOK
- HIRDETÉSEK
- VELEMÉNYEK
- KIÁLLÍTÁSOK
- PIACI HÍREK



1999/4

64 OLDAL
L. ÉVFOLYAM

TARTALOM

Burián J.:

- Tisztelt Olvasó**1
Az elmúlt években lejátszódott tulajdonos változás után az ERŐKAR Rt. tevékenysége tovább bővült. Változatlanul jelentős, fontos helyet tölt be az Anyagvizsgáló és Állapotellenőrző laboratórium. A laboratórium adatbankja segíti az erőmű berendezések rendszeres karbantartását. Nemzetközi kapcsolatai, részvétele eljárások, szabványok kidolgozásában is igen fontos. Mint akkreditált vizsgáló laboratórium részt vett több bel- és külföldi cég auditálásában.

Rittinger J.:

- A laboratóriumról**.....3
A több mint négy évtizedes múlt a laboratórium elismertségét hozta. A kidolgozott vizsgáló és mérési eljárások, a meghonosított kutatási eredmények a magas szintű szakmai munka, kiváló szakemberek fémjelzik a megtett utat. A szerző áttekinti a Laboratórium szakmai múltját bemutatva meghatározó jelentőségű munkáikat is.

Rittinger J.:

- Rizikó, kockázat, következmény a műszaki gyakorlatban**.....14
A tervezésben általánosságban, a hegesztett szerkezetek tervezésekor is a kor műszaki színvonalán rendelkezésre álló információkat használják fel a szakemberek. Ismert, hogy a termék megfelelőséget a törvény is szavatolja. Ebben a folyamatban a címben szereplő kulcsszavakat használjuk, de nem meghatározott a pontos tartalmuk. A szerző erre a kérdésre ad választ cikkében.

Rittinger J.:

- Melegszilárd acélok károsodási folyamatai**.....22
A melegszilárd acélok károsodása a gyártás és üzemeltetés során ismert jelenség. Következésképpen a szerkezetek korlátozott élettartama. Megfelelő modell alapján az élettartam meghatározható és így kidolgozható az ellenőrzésnek módszere is.

Gémes Gy. - Wohlráb Zs.:

- Erőművi kazánok vízoldali korróziója és a károsodás nyomon követése anyagvizsgálati módszerekkel**30
Az energiatermelés folyamatában meghatározó a gőzkazánok jelentősége. A kazánok összetett igénybevétele között meghatározó a korrózió. A korróziót meghatározva a szerkezeti anyag és a környezet egymásra hatása. A jelenséget források rendszeren vizsgálják a szerzők és vannak le általánosítható tanulságokat.

Szűcs P. - Csajbók R.:

- Ellennyomásos gőzturbinák diagnosztikai lehetőségei**.....35
Az energiaárak rohamos növekedése, a gazdaságossági követelmények ismét előtérbe hozták az ellennyomásos gőzturbinák alkalmazását olyan környezetben ahol elsődleges a gőz- és másodlagos a villamosenergia-termelés. Mivel a nagyságrendben nincs állandó rezgésfelügyelet elegendő az éves revízióhoz elvégezni a megfelelő rezgésanalízist amelynek módszerét mutatják be a szerzők.

Rittinger J.:

- A kúszási károsodás törésmechanikai értékelése**.....38
A kúszási károsodás vizsgálata és értékelése egy adott szerkezeti elem ciklus élettartama szempontjából lényeges. A laboratórium 1991-től alkalmazza a törésmechanikát a kúszási károsodás értékelésére a DECT próbatetek alkalmazásával. A cikk a vizsgálati módszert és alkalmazását mutatja be.

Hegedűs S.:

- Bandázsgyűrűk roncsolásmentes vizsgálatának problémái**.....42
A külföldi káresetek hívták fel a figyelmet, hogy a hazai erőműveinkben is szükséges a címben szereplő vizsgálat meghonosítása. A laboratórium a megfelelő vizsgálatok, kutatások alapján kidolgozta és vállalkozik kifűzött forgórészen a felhúzott állapotú bandázsgyűrűk roncsolásmentes vizsgálatára.

Rittinger J.:

- A roncsolásmentes anyagvizsgálat jelölési rendszere**.....52
A műszaki gyakorlatban általánosan ismert a szabványos rajzjelek alkalmazása. Így a hegesztési varratok rajzjeleit is használja a szakma. Aktuálissá vált javaslat kidolgozása a roncsolásmentes anyagvizsgálat jelölésére is. Ezzel elkerülhető az ötlepszerű nem egyértelmű rajzjelek alkalmazása. A szerző cikkében konkrét jelrendszert mutat be.

Rittinger J.:

- A roncsolásmentes anyagvizsgálók etikája**55
A technikai feltételek javulása, átalakulása sem teheti feleslegessé a megfelelő személyi követelményt. Itt a humán tényezők nem helyettesíthetők. Szükséges a megfelelően képzett szakember aki eleget tesz az etikai elvárásoknak és megfelelő kommunikációs ismeretekkel rendelkezik.

Jármai K. - Farkas J.:

- Eredmények és trendek a szerkezetoptimalizálás területén**58
A szerzők már a korábbiakban is több cikkben foglalkoztak az optimalizálás témával. Most a szakértői rendszerek, genetikai algoritmusok, ideghálók új, ígéretes területét alkalmazzák a szerkezet optimalizálására.

EREDMÉNYEK ÉS TRENDK A SZERKEZETOPTIMÁLÁS TERÜLETÉN

Prof.Dr. Jármái Károly* & Prof.Dr. Farkas József**

SUMMARY

Mass and cost reduction of structures needs structural optimization. Structural optimization has three main parts, structural analysis, synthesis and engineering evaluation. During the four decades at the University of Miskolc, where optimization studies have been performed, we have worked out the optimization of the following structures: crane girders, dogbone sections, silos, stiffened and cellular plates, tubular structures, sandwich and composite structures, etc. The fabrication cost calculation is very important for the optimum sizes. The optimization techniques used for optimization tend from direct search methods to sequential quadratic programming, using automatic derivation. Expert systems, genetic algorithms and neural networks are new promising fields of optimization.

1 SILÓK OPTIMÁLÁSA

Az emelt silók a következő részekből állnak: tető, hengeres héj, átmeneti gyűrű, kúpos surrantó és oszlopok. A szerkezetet két fő méret határozza meg: a magasság H és a hengeres héj sugara R (1. ábra). A hengeres héj számos vízszintes gyűrűből kerül kialakításra. Ezen gyűrűk szélességét a rendelkezésre álló lemezszélesség határozza meg (pl. 1500 mm).

A hirtelen hőmérsékletváltozás, valamint a dinamikus töltés és ürítés hatásait biztonsági tényezőkkel vesszük figyelembe.

A hengeres héj változó vastagságát helyi horpadásra két hatásra kell ellenőrizni: a) teljes terhelés esetén függőleges nyomóterhelésre, b) üres siló esetén szélterhelésre.

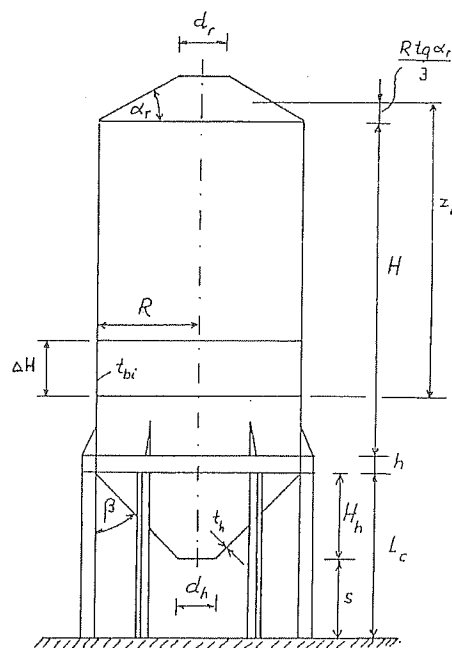
Az átmeneti gyűrűre ható terhelések nyomást, hajlítást és kétirányú nyírást okoznak, valamint csavarást. Mivel a nyitott szelvények csavarási merevsége nagyon kicsi, ezért előnyös hegesztett, zárt szekrény-szelvény alkalmazása. (Farkas, Jármái [1]). Az átmeneti gyűrű optimalizálása a lemezelemek feszültségi és helyi horpadási feltételeivel történik.

A kúpos surrantó állandó vastagsága meghatározható a feszültségi feltételből. A surrantó dőlésszöge a tárolt anyag súrlódási tényezőjéből határozható meg.

A tartóoszlopok száma n változhat egy bizonyos tartományon, melyet a működési feltételek határoznak meg, pl. szükséges oszloptávolság a teherautó rakodás miatt. Az oszlopok négyzet, vagy köröső szelvényűek, melyek tervezésénél a kihajlási és a helyi horpadási feltételek meghatározók.

1. táblázat K/km (kg) értékei azonos kapacitású, 500 m³ és különböző méretű silókra $kf/km=1$ esetén

$R(m)$	4.25	3.50	3.15	2.90
$H(m)$	7.50	12.00	15.00	18.00
H/R	1.76	3.43	4.76	6.20
tető	3769	2597	2073	1779
hengeres héj	8853	11627	13240	14295
merevítő gyűrű	6101	4943	4170	3597
surrantó	4356	3065	2583	2169
oszlopok	2681	2231	2068	1952
össz	25760	24463	24134	23792



1. ábra

* Egyetemi tanár,

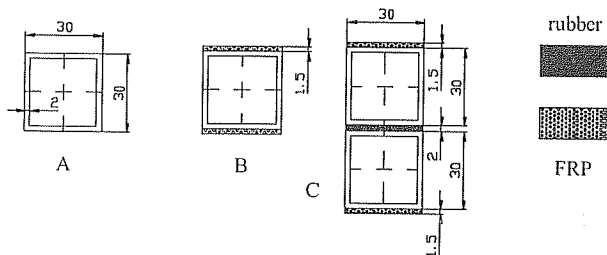
** Prof. Emeritus, Miskolci Egyetem, H-3515 Miskolc, Egyetemváros, Hungary
Tel. +36/46/365111, Fax. +36/46/367828,
e-mail: altjar@gold.uni-miskolc.hu, altfar@gold.uni-miskolc.hu,

Zárt képletet dolgoztunk ki az SHS vagy CHS oszlopok optimális méretei meghatározására. A célfüggvény (K) költségfüggvény, mely az anyagköltséget (K_m) és gyártási költségeket (K_f) tartalmaz, k_m és k_f a fajlagos anyag- és gyártási költségtényező. Anyagminőségben az Fe 360 és Fe 510 acélokot használtuk, 235 és 355 MPa folyáshatárral. Az eredményeket a 1. táblázat mutatja. A legnagyobb H/R arány esetén adódik a minimális költség.

2 SZÁLERŐSÍTÉSES KOMPOZIT RÉTEGEKBŐL ÁLLÓ SZENDVICSTARTÓK OPTIMÁLIS MÉRETEZÉSE

Az alumíniumtartók általában kis csillapító képességgel rendelkeznek. Ennek növelésére gumiréteg beépítése szükséges. Az így kialakuló szendvicstartók hátránya, hogy relatíve nagy a dinamikus lehajlás, ami a gumiréteg nyírási deformációjából adódik. Ezt a nagy deformációt szálerősítéses műanyag réteg (fiber-reinforced plastic FRP) beépítésével csökkenthetjük. Az alumínium négyszögszelvényekből (SHS), gumi és FRP rétegekből álló szendvicstartó statikus és dinamikai viselkedésének meghatározására 3 próbatestet készítettünk a 2. ábrának megfelelően.

A statikus hajlítási mérések és a dinamikus rezgés-csillapítás mérések arra szolgáltak, hogy meghatározzuk a kidolgozott modell legfőbb jellemzőit, összehasonlítsuk a mért eredményeket a számított értékekkel. A szendvicstartó statikus és dinamikai viselkedésének számításához a vastag héjú szendvicstartó-elméletet alkalmaztuk.



2. ábra.
A próbatestek szelvényei

A statikus mérések során a maximális lehajlást mértük a kéttámaszú, középen koncentrált erővel terhelt tartónál. A három próbatest az 2. ábrának megfelelő szelvényű volt.

Azért, hogy meghatározhassuk a tartók sajátfrekvenciáit, csillapítási tényezőjét, rezgésméréseket végeztünk el a tanszéki laboratóriumban a Brüel-Kjaer rezgésmérő műszercsalád felhasználásával. A csillapítási tényezőt az Oberst-féle félteljesítményhez tartozó frekvencia-sávszélesség módszerével határoztuk

meg. Az i -edik sajátfrekvenciához tartozó csillapítási tényező meghatározható a következő összefüggéssel $\eta = \Delta f / f$, ahol f_i , Δf a sajátfrekvencia és a sávszélesség értékei Hz-ben.

Az SHS szelvényű alumínium statikus hajlítási merevsége jelentősen emelkedik FRP rétegek alkalmazásával. A merevség növekedésének értéke a megvizsgált próbatesteknél 35% körüli anélkül, hogy lényeges súlynövekedést okozna. Az FRP rétegek nem növelik a rezgés-csillapító-képességet, a csillapítási tényező csak 1% körüli. Az SHS profil és az FRP rétegek statikus viselkedését redukált hajlítási merevség alkalmazásával határozhatjuk meg. A rezgés-csillapítás jelentősen növelhető gumirétegek alkalmazásával, mivel a guminak nagy rezgés-csillapító képessége van [2].

Esetünkben a rezgés-csillapítási tényező megnégyszereződött (összehasonlítva az A és C próbatesteket). A lágy gumiréteg miatt a statikus hajlítási merevség 52%-al csökkent. A statikus és dinamikus viselkedés a C próbatestnél megfelelő pontossággal határozható meg a vastag héjú szendvicstartók hajlítási elméletéből. Az optimalás az alumínium csőtartók feszültségkorlátozási, a gerinclemezek helyi horpadási, a tartó lehajlás- korlátozási, valamint a tartó rezgés-csillapítási feltételi figyelembevételével történt.

3 DOGBONE SZELVÉNYEK

A zárt övű tartó (hollow flange beam HFB) egy függőleges gerinclemezéből és két zárt övlemezéből áll. Az övlemez alakja lehet háromszög, kör, vagy négyszög. Célunk volt, hogy optimaljuk ezen szelvényeket és összehasonlítsuk a hegesztett I-szelvényvel. A szelvényméretek optimalása jelenti a minimális tömegű szerkezeti elemet, figyelembe véve a méretezési feltételeket mint a hajlításból származó feszültségkorlátozást, a gerinclemez és a nyomott öv helyi horpadását.

A zárt övű tartót az egyszerű lemezövű hegesztett tartók kiváltására lehet használni (3. ábra). A háromszögű tartó (triangular hollow flange beam TFB), amit kutyacsont „dogbone” szelvénynek is hívnak egy ausztrál cég, a Palmer Tube Technologies Ltd fejlesztett ki (Dempsey [3]). A szelvény egy sima lemezből hidegenhajlítással készül. A háromszögöveket egy-egy folytonos varrat zárja le.

Az optimalást elvégeztük mind a háromszög (TFB), mind a kör (CFB), mind a négyszög (SFB) övű szelvényekre, mind a hegesztett I-szelvényre. A HFB szelvények előnye az I-szelvényhez szemben a következő: (a) a tartó helyi horpadási szilárdsága nagyobb, ezért a vastagság kisebb lehet; (b) a tartó magasabb, ezért a lehajlása kisebb; (c) a csavarási merevség jóval nagyobb, ezért az elcsavarodási szilárdság nagyobb.

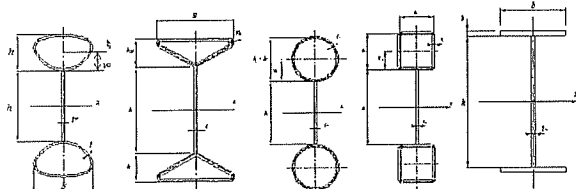
A TFB tartó kifordulását Pi & Trahair vizsgálták [4]. Javasolták a csavarási merevség redukálását a gerinclemez elcsavarodása miatt. Vizsgálatainkkal bemutattuk, hogy az Eurocode 3 (EC3) összefüggései kisebb kifordulási tényezőt adnak, tehát az EC3 számítás alkalmas összehasonlításra.

Az optimalálás során a szelvényméreteket (övszélesség, vastagság, átmérő, dőlésszög, stb.) úgy határozzuk meg, hogy minimális legyen a szelvény területe és a méretezési feltételek (feszültség, horpadás, kifordulás) kielégüljenek.

A kifordulási szilárdságot a horpadási tényező jellemzi L/h függvényében kéttámaszú tartó esetén, ha a fesztáv L és a tartómagasság h egyenletesen megoszoló terhelés mellett. A csavarási állandó meghatározását zárt, vékonyfalú szelvényre a Farkas & Jármái könyv tartalmazza [5].

Próbatest	A			B			C		
i	1	2	3	1	2	3	1	2	3
f_i (Hz)	32	196	536	33	200	543	52	255	648
η_i	0.0125	0.0028	0.0015	0.012	0.0032	0.0028	0.052	0.057	0.053

2. táblázat
A sajátfrekvenciák és a csillapítási tényezők mért értékei



3. ábra.
Különböző keresztmetszetek, HFB, TFB, CFB, SFB és hegesztett I-szelvény

Szelvénytípus	$A_{min} / W_0^{2/3}$	$I_x / W_0^{4/3}$
TFB	0.536347	2.95464
CFB	0.513517	4.12001
SFB	0.536256	3.64304
I-beam	0.554165	2.70677

3. táblázat
A TFB, CFB, SFB és hegesztett I-tartók keresztmetszet területe és inercianyomatéka

Látható, hogy a zárt övű szelvények mindegyikénél a kifordulási szilárdság nagyobb, mint a hegesztett I-szelvényénél. A körcső szelvényénél CFB lévő magas érték ζ_{opt} értékéből adódik, ami jóval nagyobb a kör-

csőnél $\zeta_{opt} = \frac{2h_f}{h} = 0,81$, mint a TFB és SFB szelvényeknél.

A négy különféle szelvény optimális méretezése

minimális tömegre maximális hajlításból adódó feszültség és határkarcsúság esetén, összehasonlítást tesz lehetővé a tömeg, a kifordulási merevség és a lehajlás vonatkozásában (3. táblázat). A zárt övű szelvények (HFB) tömege kisebb, mint az I-tartóé.

φ	TFB	CFB	SFB	I-szelvény
1	0.5275	0.8974	0.5146	0.3536
2	0.3181	0.8052	0.3153	0.1346
3.33	0.2075	0.7052	0.2068	0.0702
10	0.0769	0.4031	0.0769	0.0216

4. táblázat
A kifordulási horpadási tényezők összehasonlítása λ_{LT}

A HFB főtengeleyére számított inercianyomaték nagyobb, emiatt a lehajlás kisebb, mint az I-szelvényénél. A kihajlási tényező a $\varphi = L/10h$ függvényében nagyobb a HFB szelvények esetén, mint I-szelvényre (4. táblázat). Ezen reális összehasonlítások teszik lehetővé, hogy a tervező a megfelelő szelvényt választhassa ki.

4 MEGMUNKÁLÁSI KÖLTSÉGEK

Régebben szerkezetoptimaláson a minimális tömeget jelentő szerkezeti méretek meghatározását értették. Napjainkban is vannak olyan optimaláló módszerek, melyek nem kezelik a költségeket, de más szempontból előnyösek. Ahhoz, hogy gazdaságos szerkezetet tervezzünk egy olyan helyzetben, amikor a megmunkálási költséget jelentősen emelkednek, a lehető legtöbb költségelemet figyelembe kell vennünk. A szerkezet költsége az anyag-, gyártási-, szállítási-, szerelési- és fenntartási költségek összege. Gyártási költségelemek a hegesztési-, vágási-, előkészítési-, összefűzési-, festési-, stb. költségek.

Mivel nem lehet olyan költségadatokhoz jutni, melyek a világ minden részén érvényesek, ezért mi az időt választottuk alapnak, mely az egyes munkafázisokat jellemzi. A gyártási idő függ a technológiai fejlettségi szinttől és a gyártótól és ez áll legközelebb a tényleges gyártási folyamathoz. Az egyes gyártási fázisokhoz szükséges gyártási idő meghatározása után beszorozható a fajlagos gyártási költséggel, mely az ország fejlettségi szintjét képviseli [1].

A költségfüggvény a következő

$$K = K_m + K_f = k_m \rho V + k_f \sum_i T_i \quad (4)$$

ahol K_m és K_f az anyag- és gyártási költségek, k_m és k_f a fajlagos költségek, ρ a sűrűség, V a szerkezet térfogata, T_i a gyártási részidők.

4.1 A hegesztés időigénye

Az (4) képlet írható a következő alakban

$$\frac{K}{k_m} = \rho V + \frac{k_f}{k_m} (T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7) \quad (5)$$

ahol $T_1 = C_1 \Theta_d \sqrt{\kappa \rho V}$ (6)

az előkészítés, összeillesztés és összefűzés ideje, Θ_d a bonyolultsági fok, κ az összeszerelt elemek száma.

A (6) összefüggést Lihtarnikov [6] javasolta. Lemez szerkezet esetén, ha a lemezelemek száma, a gyártási részidő arányos a kerülettel, az i -edik elemnél $T_i = c_1 P_i$. Az elem tömege arányos a kerület négyzetével $G_i = c_2 P_i^2$, így $P_i = c_3 \sqrt{G_i}$

$$T_i = c_4 \sqrt{G_i} \quad . \quad \text{A teljes szerkezetre átlagban és}$$

$$G = \kappa G_i \text{ és } T_1 = \kappa T_i = c_5 \kappa \sqrt{G} / \kappa = c_6 \sqrt{G \kappa}$$

A hegesztés ideje

$$T_2 = \sum_i C_{2i} a_{wi}^{1.5} L_{wi} \quad (7)$$

ahol a_{wi} a varrat mérete, L_{wi} a varrat hossza, C_{2i} az adott hegesztési technológiához tartozó állandó. Fogyóelektródás kézi ívhegesztésnél $C_2 = 0.8 \cdot 10^{-3}$, CO₂ védőgázos hegesztésnél $C_2 = 0.5 \cdot 10^{-3} \text{ min/mm}^{2.5}$.

$$T_3 = \sqrt{\Theta_d} \sum_i C_{3i} a_{wi}^{1.5} L_{wi} \quad (8)$$

további gyártási tevékenységekhez szükséges idő, mint elektródacsere, salakolás, sorjázás, stb. $C_3 = 1.2 \cdot 10^{-3} \text{ min/mm}^{2.5}$. A (6,7,8) összefüggéseket Pahl és Beelich [7] javasolta.

Ott & Hubka [8] javasolta a következőt

$$C_3 = (0.2-0.4)C_2 \text{ átlagban } C_3 = 0.3C_2.$$

Így a T_2+T_3 számítására szolgáló módosított össz-

szefüggés a következő, elhanyagolva $\sqrt{\Theta_d}$ -t.

$$T_2 + T_3 = 1.3 \sum C_{2i} a_{wi}^{1.5} L_{wi} \quad (9)$$

A COSTCOMP [9] szoftver, melyet a Holland Hegesztési Intézet fejlesztett ki, megadta a hegesztési részidőket különböző varratípus, varratméret, hegesztési technológia esetén [10]. Felhasználva a (9) képletet egy általános összefüggést dolgoztunk ki hegesztési idők meghatározására.

$$T_2 + T_3 = 1.3 \sum C_{2i} a_{wi}^{1.5} L_{wi} \quad (10)$$

A COSTCOMP program pontokat adott meg az adatok alapján. A közelítő-függvények meghatározásához a Curve Expert programot használtuk (5. táblázat).

Hasonlóan fel lehet írni képleteket a lemezegyengetés, a felületelőkészítés, a festés, a vágás és lemezszél köszörülés időigényére (T_4, T_5, T_6, T_7) vonatkozólag [5].

Hegesztési technológia	a_w [mm]	$10^3 T_2 = 10^3 C_2 a_w^{1.5}$	$10^3 T_3 = 10^3 C_3 a_w^{1.5}$
SMAW	4-6 6-15	313a _w 05214a _w ^{1.5}	27a _w 045a _w ^{1.5}
SMAW HR	4-6 6-15	214a _w 03567a _w ^{1.5}	18462a _w 03077a _w ^{1.5}
GMAW-C	4-15	0.2245a _w ^{1.5}	0.1939a _w ^{1.5}
GMAW-M	4-15	0.2157a _w ^{1.5}	0.1861a _w ^{1.5}
FCAW	4-15	0.1520a _w ^{1.5}	0.1311a _w ^{1.5}
FCAW-MC	4-15	0.2993a _w ^{1.5}	0.2582a _w ^{1.5}
SSFCW (ISW)	4-15	0.1384a _w ^{1.5}	0.1194a _w ^{1.5}
SAW	4-15	0.1559a _w ^{1.5}	0.1346a _w ^{1.5}

5. táblázat

Hegesztési idők T_2 (min/mm) a varratméret a_w (mm) függvényében hosszirányú 1/2 V és V varratra

4.2 Összköltség

Az összköltség az előbbi költségek összegeként adódik az (5) képletnek megfelelően. Csak a gyártással közvetlenül összekapcsolható költségeket tartalmazza. A beruházási költség, ami szintén nagyon fontos, azért marad ki, mert ebben az esetben a teljes gyártmánystruktúrára kellene a költségzámítást elvégezni. Az amortizáció szintén bevehető, de összekapcsolódik a beruházással.

A fajlagos anyagköltség $k_m = 0.5-1$ \$/kg között változik, a fajlagos munkaköltség $k_f = 0-1$ \$/min között változik. k_f/k_m aránya 0-2 kg/min között változik. Ha $k_f/k_m = 0$, akkor tömegminimumra méretezünk. $k_f/k_m = 2,0$ nagyon magas gyártási költséget jelent (Japán, USA), $k_f/k_m = 1,5$ és 1,0 egy nyugat-európai, $k_f/k_m = 0,5$ egy fejlődő országbeli gyártási költséget jelent.

Azon tervezési példánál, ahol relatíve kevés a hegesztés, mint például futódaruhidak hegesztett szekrénytartójánál, a gyártási költség az összköltség 29-35%-a. Olyan esetben, mint a bordázott lemezeknél, ahol relatíve sok varrat szükséges, a gyártási költség az összköltség 46-71%-a a technológiától függően.

Optimalásra valamely feltételes nemlineáris optimáló módszer alkalmazható [11].

5 ÚJ ÍGÉRETES TERÜLETEK

A szakértői rendszerek, genetikus algoritmusok, ideghálók új, ígéretes területek az optimalálás számára. Az optimalálási algoritmusok beépíthetők szakértői rendszerbe, a legjobb szerkezetvariáns meghatározására [12,13]. Az ideghálók, neural networks jól alkalmazhatók függvényközelítésre, különösen akkor, ha a függvénymeghatározás számításiigényes [14,15,16]. A genetikus algoritmusok nagyon hatékonyak nem konvex optimalálási problémák megoldására.

5.1 Szakértői rendszerek alkalmazása fémszerkezetek optimális méretezésénél

A gépek és szerkezetek tervezése komplex eljárás, amely kreatív gondolkodást, intuitív tudást és pontos analízist igényel. Az elmúlt évtizedekben a számítástechnika jelentős fejlődése volt tapasztalható, mind hardver, mind szoftver oldalon. Egyre gyorsabb és olcsóbb számítógépek számos, főként kvalitatív számítási eljárás segít a tervezők munkáját, mint például a véges elemes módszer, az optimaláló programok, a szimulátorok, stb.

Miközben ezen programok jelentősen segítik a tervezőt a szerkezet „mennyiségi” jellemzőinek vizsgálatában, a kvalitatív eredmények levonásának lehetősége kicsi.

A mesterséges intelligencia és a tudásbázisú rendszerek lehetővé teszik a szerkezet számítógépes kvalitatív vizsgálatát. A tárolt tudásbázis segítségével a fejlett programok egy sor új problémát tudnak megoldani. Amikor a tudásbázis nagysága összemérhető egy szakértő tudásával, akkor szakértői rendszert kapunk. A szakértői rendszerek lehetővé teszik, hogy laikus felhasználó oldjon meg a számítógép segítségével problémákat, felhasználva a rendszer által felajánlott tudást.

A szakértői rendszer olyan eszköz, mellyel tudást lehet átruházni. Az adott terület szakértői ezen eszköz segítségével átadhatják problémamegoldó képességüket a felhasználóknak.

A szakértői keretrendszerek azon szoftverek, melyek lehetővé teszik egy szakértői rendszer kifejlesztését anélkül, hogy a mesterséges intelligenciához használatos LISP, vagy PROLOG programnyelveket ismerné a programfejlesztő. Természetesen ezek készülhetnek valamely magasszintű programozási nyelv felhasználásával is: FORTRAN, C, PASCAL.

A keretszoftverek előnye, hogy adott metodikát alkalmazva végigkísérik a fejlesztőt a szoftveralkotás útján. Annak ellenére, hogy általában nagy szabadságot adnak, mégis ebben áll hátrányuk is, ha valaki le kíván térni az „össvényről” [17].

A LEVEL 5 OBJECT (L5O) [18] egy objektum-orientált szakértői rendszer. Interaktív, Windows-bázisú felhasználói felülettel rendelkezik. Saját nyelve van, a Production Rule Language (PRL). A PRL szintaktikai rendszere diagramokat készít a tudásbázis logikájának bemutatására. Automatikusan rendszerostályokat hoz létre a tudásbázis beépítése során. A felhasználó széles körű lehetőségekkel rendelkezik az eszközevezérlés, a filekezelés, az adatbázis felhasználása és egyéb Windows szolgáltatások tekintetében. A rendszer nagy előnye, hogy beírva a szükséges számítási összefüggéseket, a további hiányzó információkat, adatokat számítás közben maga kéri be.

A Level 5 Object használata esetén az optimalálás és a szakértői keretrendszer kapcsolata sokkal szervezesebb, az optimaláló program beépítésre került a keretrendszer saját nyelvén. A számítás elvégzése során maga a keretrendszer kérdez rá a hiányzó változók értékeire. Ebben az esetben a Hillclimb algoritmus került beépítésre és egycélűfüggvényes optimalálást végez tömegminimumra, ami térfogatminimumot jelent adott anyag esetén. A logikai struktúrát a 8. ábra mutatja. A 9-10 ábrák a szakértői rendszer belső felépítését, az objektumokat, az eljárásokat, az adatbevitelt és a végeredményeket mutatják.

A futódaru fő adatai:

Hasznos terhelés $H = 240$ kN, feszítáv $L = 25$ m, futómacska tömegereő $G_T = 30$ kN, futómacska keréktáv $k = 2,5$ m, sínmagasság $h_r = 50$ mm, sín-tömeg $p_r = 80$ kg/m, Young rugalmassági modulusz $E = 2,06$ GPa, darucsoport A7, acélminőség 43. A gerincmervítő $120^{\circ}80^{\circ}8$ mm szögacél.

Az optimalális szelvény méretei a következők:

$$h = 1260 \text{ mm}$$

$$t_{w1} = 6 \text{ mm}$$

$$t_{w2} = 5 \text{ mm}$$

$$b = 700 \text{ mm}$$

$$t_f = 18 \text{ mm}$$

Ez az eredmény az aszimmetrikus gerincmervítővel ellátott egy futómacska szekrényszelvény méreteire adódott diszkrét értékekkel.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatómunkát az OTKA 22864 és 19003 projekteken keresztül támogatta az Országos Tudományos Kutatási Alap.

HIVATKOZÁSOK

- [1] Farkas, J., Jármái, K.: Fabrication cost calculation and optimum design of welded steel silos, *Welding in the World*, Pergamon Press, 1996, Vol. 37. No. 5, pp. 225-232.
- [2] Farkas, J., Jármái, K.: Static stiffness and vibration damping of sandwich beams containing rubber and fiber reinforced plastic layers, *Inter-noise 97*, August 25-27, 1997, Budapest, Proceedings Vol. II. pp. 617-620. Noise Control Engineering Foundation, Poughkeepsie, USA, ISBN 963 8241 64 0.
- [3] Dempsey, R.L.: *Hollow flange beam member design manual*, Palmer Tube Technologies Pty Ltd. Queensland, Australia, 1993.
- [4] Pi, Y.L. & N.S. Trahair: Lateral-distortional buckling of hollow flange beams, *J. Struct. Engng ASCE*, 1997, Vol. 123, pp.695-702.
- [5] Farkas, J., Jármái, K.: *Analysis and Optimum Design of Metal Structures*. Balkema Publishers, Rotterdam, Brookfield, 1997, 347 p. ISBN 90 5410 669 7.
- [6] Likhtarnikov, Y.M., *Metal Structures*. (in Russian) 1968, Stroyizdat, Moscow.
- [7] Pahl, G. and Beelich, K.H., *Kosten-wachstumsgesetze nach Ähnlichkeits-beziehungen für Schweiss-verbindingen*. VDI-Bericht, Nr. 457, 1992, pp. 129-141, Düsseldorf.
- [8] Ott, H.H. and Hubka, V.: *Vorausberechnung der Herstellkosten von Schweisskonstruktionen*. Proc. Int. Conference on Engineering Design ICED, 1985, Hamburg, pp. 478-487. Heurista, Zürich.
- [9] COSTCOMP, *Programm zur Berechnung der Schweisskosten*. 1990, Deutscher Verlag für Schweisstechnik, Düsseldorf.
- [10] Bodt, H.J.M.: *The Global Approach to Welding Costs*. The Netherlands Institute of Welding, 1990, The Hague.
- [11] Jármái, K.: *Single- and multicriteria optimization as a tool of decision support system*. Computers in Industry, Elsevier Applied Science Publishers, 1989, Vol. 11, No. 3. p. 249-266.
- [12] Jármái, K.: Szakértői keretrendszerek és a szerkezetoptimalálás összekapcsolása. *Géptervezők VIII. Országos Szemináriuma*, Miskolci Egyetem, 1991, május 30-31. Konferencia kiadvány 110-114.old.
- [13] Jármái, K., Farkas, J.: *Application of expert system at the optimum design of tubular trusses of belt-conveyor bridges*. Tubular Structures VI. International Symposium, 14-16. Dec. 1994. Monash University, Melbourne, Australia. Proceedings, Balkema Publishers, Rotterdam, Edited by P.Grundy, A.Holgate, B.Wong, 1994, pp. 405-410.
- [14] Jármái, K.: *Expert systems and artificial neural networks in structural optimization*. International Symposium on Design of Metal Structures, December 12, 1997. University of Miskolc, Hungary. Publications of the University of Miskolc, Series C, Mechanical Engineering, Edited by K. Jármái, 1997, Vol. 47. pp.111-122. HU ISSN 0237-6016
- [15] Jármái, K., Somogyi, Zs., Mészáros, L.: *Optimization of main girders of overhead travelling cranes by expert systems*. MicroCAD'94, Febr. 25-29, 1994. University of Miskolc, Proceedings, Session J. Materials Handling, Logistics and Robotics, pp. 48-55.
- [16] LEVEL 5 OBJECT, *Reference Guide*, FOCUS Integrated Data and Knowledge-Based Systems, Information Builders, 1250 Broadway, New York, 1990.
- [17] Eurocode 3.: *Design of steel structures. Part 1.1. General rules and rules for buildings*. CEN European Committee of Standardization, Brussels, 1992.
- [18] Berke, L., Hajela, P. *Application of artificial neural nets in structural mechanics*. *Structural Optimization*, Vol. 4. No. 2. 1992. pp. 90-98.
- [19] Hajela, P., Lin, C-Y. *Genetic research strategies in multicriterion optimal design*. *Structural Optimization*, Vol. 4. No. 2. 1992. pp. 99-107.